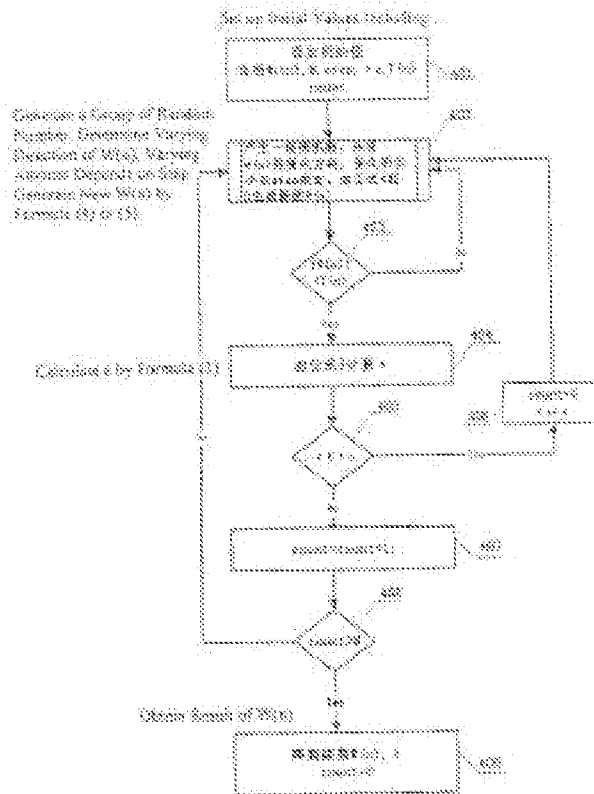


Small-region initial search method for CDMA digital mobile communication system

Bibliographic data	Description	Claims	Abstracts	Original document	INPADOC legal status
Publication number:	CN1315808 (A)				Also published as:
Publication date:	2001-10-03				 CN1131653 (C)
Inventor(s):	LI FENG [CN]; XU TIEZHU [CN]; HU YUSONG [CN]				 WO0174103 (A1)
Applicant(s):	RES INST OF TELECOMM SCIENCE A [CN]				 WO0174103 (A8)
Classification:					 US2003031238 (A1)
- international:	H04B1/707; H04B7/005; H04W24/02; H04W52/32; H04W52/50; H04W56/00; H04B1/707; H04B7/005; H04W24/00; H04W52/00; H04W56/00; (IPC1-7): H04Q7/22; H04B7/26				 US6778588 (B2)
- European:	H04W52/32; H04Q7/38C1				more >>
Application number:	CN20001003548 20000327				
Priority number(s):	CN20001003548 20000327				
View INPADOC patent family					
View list of citing documents					
Report a data error here					
Abstract of CN 1315808 (A)					

A sub-district initial search method for CDMA digital mobile communication system includes down-line synchronization of terminal with base station after the terminal has chosen working frequency point; and correcting the carrier wave deviation between base stations in digital demodulator. Said down-line synchronization include judging a range of down-line training sequence time slices and finding the correlation between received data and training sequence to obtain precise position of terminal. Said carrier wave deviation correction includes estimating carrier wave deviation by software, and correcting carrier wave deviation by regulating hardware and joint detection.



[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl⁷

H04Q 7/22
H04B 7/26

[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 00103548.7

[43] 公开日 2001 年 10 月 3 日

[11] 公开号 CN 1315808A

[22] 申请日 2000.3.27 [21] 申请号 00103548.7
[71] 申请人 信息产业部电信科学技术研究院
地址 100083 北京市学院路 40 号
[72] 发明人 李 峰 徐铁铸 何毓嵩 冉晓龙

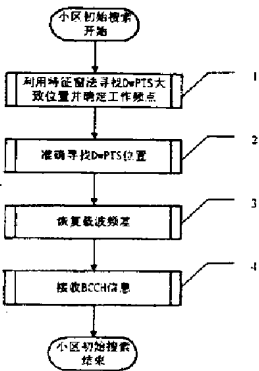
[74] 专利代理机构 北京德琦专利代理有限公司
代理人 王丽琴

权利要求书 4 页 说明书 10 页 附图页数 4 页

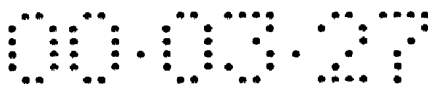
[54] 发明名称 一种码分多址数字移动通信系统的小区
初始搜索方法

[57] 摘要

本发明涉及一种码分多址数字移动通信系统的小区
初始搜索方法,包 括:终端在选择工作频点后取得和基
站的下行同步;在数字解调器中纠正 与基站间的载波偏
差。其下行同步包括:采用基于训练序列功率特征窗值
的方法判断出下行训练序列时隙的一个范围;在该范围
内通过求接收数据 和训练序列的相关获得精确的终端
接收位置。其纠正与基站间的载波偏差 包括:用软件估
计载波偏差,并用判决反馈方法调整硬件和采用基于联
合 检测的载波偏差校正方法。



ISSN 1008-4274



权 利 要 求 书

1.一种码分多址数字移动通信系统的小区初始搜索方法，包括：由终端设备选择工作频点，并在该频点上取得和基站的下行同步；由终端设备跟踪与基站间的载波偏差，并在数字解调器中纠正与基站间的载波偏差，

5 其特征在于：

所述的取得和基站的下行同步包括：

a.采用基于训练序列功率特征窗值的方法先判断出下行训练序列时隙的一个范围；

10 b.在该范围内通过求接收数据和训练序列的相关获得精确的终端设备接收位置；

所述的在数字解调器中纠正与基站间的载波偏差包括：

a.用软件估计载波偏差，并用判决反馈方法调整硬件；

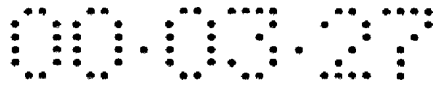
b.采用基于联合检测的载波偏差校正方法，消除多径与多址干扰，将载波偏差纠正到基带解调要求的范围。

15 2.根据权利要求1所述的一种码分多址数字移动通信系统的小区初始搜索方法，其特征在于：所述的基于训练序列功率特征窗值的方法包括：

a.在基站帧结构中增加下行导频序列时隙（DwPTS）中同步符号的发射功率，并且在该下行导频序列时隙中位于同步符号前、后的保护符号上没有发射功率；

20 b.终端设备在接收时首先搜寻下行导频序列时隙（DwPTS）的功率特征窗值，在发现了同步符号的位置范围后只在该位置附近作相关操作。

3.根据权利要求1或2所述的一种码分多址数字移动通信系统的小区初始搜索方法，其特征在于：所述的搜寻下行导频序列时隙（DwPTS）的功率特征窗值，以发现同步符号的位置范围，包括：终端设备首先锁定一
25 工作频点，然后接收一帧完整的数据；计算下行导频序列时隙（DwPTS）



中每个同步符号的功率；在每个同步符号的位置上计算功率特征窗值；计算整帧数据的平均功率特征窗值；寻找整帧接收数据所有同步符号位置上功率特征窗值中的最小值；判断平均功率特征窗值与最小功率特征窗值之比是否大于阈值，在平均功率特征窗值与最小功率特征窗值之比大于阈值

5 时，该最小功率特征窗值的位置是下行导频序列时隙（DwPTS）的起始位置；在该起始位置附近求相关获得精确的接收起点，完成下行同步。

4.根据权利要求3所述的一种码分多址数字移动通信系统的小区初始搜索方法，其特征在于：所述的计算每个同步符号的功率，是先假定接收时刻为一个同步符号的起点，将所有属于这个符号的码片按功率相加，即

10 得到每一个同步符号的功率。

5.根据权利要求3所述的一种码分多址数字移动通信系统的小区初始搜索方法，其特征在于：所述的在每个同步符号的位置上计算功率特征窗值，是在整帧接收数据上，按符号级别滑动，在每个位置上按下述公式计算每个位置上的功率特征窗值 $R(i)$ ，式中 i 代表实际的接收位置， $P(k)$ 代表每个符号的功率值， N 与 M 是特征窗的参数，

15

$$R_i = \left(\sum_{k=i}^{i+N-1} P(k) + \sum_{k=i+N+M}^{i+2N+M-1} P(k) \right) / \sum_{k=i+N}^{i+N+M-1} P(k) \quad .$$

6.根据权利要求3所述的一种码分多址数字移动通信系统的小区初始搜索方法，其特征在于：所述的在每个同步符号的位置上计算功率特征窗值，是按照每个码片的功率，在码片级别上滑动，在每个位置上计算功率特征窗值。

20 7.根据权利要求1所述的一种码分多址数字移动通信系统的小区初始搜索方法，其特征在于：所述的基于联合检测的载波偏差校正方法中用软件估计载波偏差，并用判决反馈调整硬件，包括：采用纯软件方法估计每帧数据的载波频差；计算硬件调整值；用计算出的调整值调整数字解调器

中的自动频率控制硬件。

8.根据权利要求 1 或 7 所述的一种码分多址数字移动通信系统的小区初始搜索方法，其特征在于：所述的采用纯软件方法估计每帧数据的频差是采用公式

$$5 \quad Ae^{-j\alpha} = \frac{1}{L} \sum_L [I(i) + jQ(i)]^* [I(i+K) + jQ(i+K)]^*$$

式中 α 代表估计的频差，I 与 Q 是正交解调信号，L 是统计长度。

9.根据权利要求 1 或 7 所述的一种码分多址数字移动通信系统的小区初始搜索方法，其特征在于：所述的计算硬件调整值是采用公式 $fa(n) = fe(n) * coef_k(n)$ ，式中 $fe(n)$ 是对第 n 帧接收数据估计出的频差值，调整

10 系数 $coef_k$ 的范围是 0~1 之间，k 较大时，则 $coef_k$ 较小。

1 0.根据权利要求 1 所述的一种码分多址数字移动通信系统的小区初始搜索方法，其特征在于：所述的采用基于联合检测技术消除多径与多址干扰，将载波偏差纠正到基带解调要求的范围，包括：在每帧中加入数据突发中的训练序列中间码(Midamble)，用于估计实际的信道响应；终端设

15 备利用联合检测技术消除多径及多址干扰，并解调训练序列中间码(Midamble)附近的符号；利用这些符号中包含的载波频差信息对硬件进行自动频率控制调整。

1 1.根据权利要求 1 或 1 0 所述的一种码分多址数字移动通信系统的小区初始搜索方法，其特征在于：所述的利用联合检测技术消除多径及多

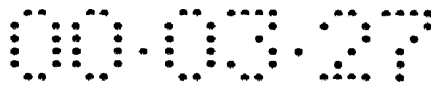
20 址干扰，并解调训练序列中间码(Midamble)附近的符号进一步包括：采用联合检测技术解调数据，得到训练序列中间码(Midamble)前面和后面的各 P 个符号，分别记作 X(1) ... X(P)和 Y(1) ...Y(P)，按公式 $X_i(n) = X(n) / X_j(n)$ $Y_i(n) = Y(n) / Y_j(n)$ 分别计算出频偏的方向，其中 $X_j(n) = Y_j(n) = \pm \pi / 4, \pm 3 \pi / 4$,

再通过公式 $Z = \sum_{n=1}^P Y_i(n) / X_i(n)$

25 获得载波频差方向；根据计算出的载波频差方向，设定硬件自动频率

00.03.27

控制的调整步长；根据获得的频差方向，再以该一定的调整步长调整硬件自动频率控制。



说明书

一种码分多址数字移动通信系统的小区初始搜索方法

本发明涉及一种移动通信技术，更确切地说是涉及一种包含有训练序列的码分多址（C D M A）数字蜂窝移动通信系统中终端设备（U E）的小区
5 初始搜索方法。

在任一数字蜂窝移动通信系统中，当终端设备开机后，首先要进行的是小区初始搜索。小区初始搜索的目的是选择合适的工作频点，并在该频点上取得终端设备与基站的下行同步，如此，终端设备才能正确接收基站发送的信息。

10 此外，在实际的数字蜂窝移动通信系统中，由于基站和终端设备彼此使用的是完全独立的主时钟，即使双方工作在同一工作频点上，相互之间也必然存在一个载波偏差（或称频差、频偏），如果终端设备在解调时不能实现相对准确的载波偏差恢复（或称校正、纠正），那么基带信号中将会保留有残余载波分量，就会影响基带信号的处理，导致误码的产生，终端设备就不
15 可能正确接收基站的信息。

所以，对于数字蜂窝移动通信系统来说，终端设备都需通过小区初始搜索完成锁定工作频点；在锁定的工作频点上获得与基站的下行同步；纠正载波频差的步骤过程，然后终端设备才能正确接收基站信息。

当然，在实际的小区初始搜索过程中，由于基站和终端设备的各自主时
20 钟都会随着时间漂移，因此，还必须同时进行载波频差跟踪。

在实际的码分多址蜂窝移动通信系统中，一般都是通过导频信道来完成下行同步的。传统的实现下行同步的方法是：首先，锁定在一个工作频点上，然后对整帧接收数据和预先设置的导频序列（训练序列）求相关，不断地滑动求相关的位置直至相关峰值大于预先设定的阈值时，则表明在该工作频点
25 上完成了下行同步，相关峰值出现的位置表示终端设备的接收位置。

任何码分多址蜂窝移动通信系统中同步的完成都要进行相关运算，但是，传统相关运算方法的局限在于：相关是在整帧数据上以每个码片（chip）甚至以几分之一一个码片的量级为基础滑动进行的，因此运算量非常大，需要很长的计算时间，而且是对整帧数据进行相关操作，还增大了误判的概率，尤其是在时分双工码分多址通信系统(TDD-CDMA)中，当终端设备A附近恰好有正在通话的另一终端设备B时，由于距离的原因，使终端设备A接收到的终端设备B的功率会强于接收到的基站信号功率，从而导致在相关操作后因误判出的相关峰值出现的位置不是终端设备真正的接收位置，而产生错误的下行同步信息。

纠正载波频差一般在数字解调器中进行（一般情况下，存在一定的载波偏差不会影响下行同步，但会影响解调出来的信息），传统的方法是采用模拟锁相环电路，其优点是技术成熟，缺点是性能与捕获带宽难以兼顾，对载波的抖动比较敏感，且硬件电路过于复杂。

如中国专利 97115151.2 “扩频通信系统中载波恢复和补偿的方法及其装置”提出了一种数字载波的载波频差校正方法，但由于该方法是在没有噪声和多径干扰的信道模型下所作的最佳估计，并不适用于蜂窝移动通信系统。

本发明的目的是设计一种码分多址数字移动通信系统的小区初始搜索方法，对传统的小区初始搜索方法作出改进，即提出一种解决小区初始搜索中的下行同步方法和载波偏差校正方法，可使终端设备快速而准确地完成与基站的下行同步和达到很好的载波偏差纠正效果。

本发明的目的是这样实现的：一种码分多址数字移动通信系统的小区初始搜索方法，包括：由终端设备选择工作频点，并在该频点上取得和基站的下行同步；由终端设备跟踪与基站间的载波偏差，并在数字解调器中纠正与基站间的载波偏差，其特征在于：

所述的取得和基站的下行同步包括：

a.采用基于训练序列功率特征窗值的方法先判断出下行训练序列时隙的一个范围；

b.在该范围内通过求接收数据和训练序列的相关获得精确的终端设备接收位置；

5 所述的在数字解调器中纠正与基站间的载波偏差包括：

a. 用软件估计载波偏差，并用判决反馈方法调整硬件；

b.采用基于联合检测的载波偏差校正方法，消除多径与多址干扰，将载波偏差纠正到基带解调要求的范围。

所述的基于训练序列功率特征窗值的方法包括：

10 a.在基站帧结构中增加下行导频序列时隙（DwPTS）中同步符号的发射功率，并且在该下行导频序列时隙中位于同步符号前、后的保护符号上没有发射功率；

b.终端设备在接收时首先搜寻下行导频序列时隙（DwPTS）的功率特征窗值，在发现了同步符号的位置范围后只在该位置附近作相关操作。

15 所述的搜寻下行导频序列时隙（DwPTS）的功率特征窗值，以发现同步符号的位置范围，包括：终端设备首先锁定一工作频点，然后接收一帧完整的数据；计算下行导频序列时隙（DwPTS）中每个同步符号的功率；在每个同步符号的位置上计算功率特征窗值；计算整帧数据的平均功率特征窗值；寻找整帧接收数据所有同步符号位置上功率特征窗值中的最小值；判断平均

20 功率特征窗值与最小功率特征窗值之比是否大于阈值，在平均功率特征窗值与最小功率特征窗值之比大于阈值时，该最小功率特征窗值的位置是下行导频序列时隙（DwPTS）的起始位置；在该起始位置附近求相关获得精确的接收起点，完成下行同步。

所述的计算每个同步符号的功率，是先假定接收时刻为一个同步符号的

25 起点，将所有属于这个符号的码片按功率相加，即得到每一个同步符号的功

率。

所述的在每个同步符号的位置上计算功率特征窗值，是在整帧接收数据上，按符号级别滑动，在每个位置上按下述公式计算每个位置上的功率特征窗值 $R(i)$ ，式中 i 代表实际的接收位置， $P(k)$ 代表每个符号的功率值， N 与 M 是特征窗的参数，

$$R_i = \left(\sum_{k=i}^{i+N-1} P(k) + \sum_{k=i+N+M}^{i+2N+M-1} P(k) \right) / \sum_{k=i+N}^{i+N+M-1} P(k) \quad .$$

所述的在每个同步符号的位置上计算功率特征窗值，是按照每个码片的功率，在码片级别上滑动，在每个位置上计算功率特征窗值。

所述基于联合检测的载波偏差校正方法中用软件估计载波偏差，并用判决反馈调整硬件，包括：采用纯软件方法估计每帧数据的载波频差；计算硬件调整值；用计算出的调整值调整数字解调器中的自动频率控制硬件。

所述的采用纯软件方法估计每帧数据的频差，具体公式是：

$$Ae^{-jK\alpha} = \frac{1}{L} \sum_L [I(i) + jQ(i)] * [I(i+K) + jQ(i+K)]^*$$

式中 α 代表估计的频差， I 与 Q 是正交解调信号， L 是统计长度。

所述的计算硬件调整值即计算载波频差调整值是采用下述公式，

$$fa(n) = fe(n) * coef_k(n)$$

式中， $fe(n)$ 是对第 n 帧接收数据估计出的频差值，调整系数 $coef_k$ 的范围是 0~1 之间，选取原则是 k 较大时，则 $coef_k$ 较小。

所述的采用基于联合检测技术消除多径与多址干扰，将载波偏差纠正到基带解调要求的范围，包括：在每帧中加入数据突发中的训练序列中间码 (Midamble)，用于估计实际的信道响应；终端设备利用联合检测技术消除多径及多址干扰，并解调训练序列中间码 (Midamble) 附近的符号；利用这些符号中包含的载波频差信息对硬件进行自动频率控制调整。

所述的利用联合检测技术消除多径及多址干扰，并解调训练序列中间码 (Midamble)附近的符号进一步包括：采用联合检测技术解调数据，得到训练序列中间码(Midamble)前面和后面的各 P 个符号，分别记作 $X(1) \dots X(P)$ 和 $Y(1) \dots Y(P)$ ，按公式 $X_i(n) = X(n) / X_j(n)$ $Y_i(n) = Y(n) / Y_j(n)$ 分别计算出频偏的方向，其中 $X_j(n) = Y_j(n) = \pm \pi / 4, \pm 3 \pi / 4$,

再通过公式 $Z = \sum_{n=1}^P Y_i(n) / X_i(n)$

获得载波频差方向；根据计算出的载波频差方向，设定硬件自动频率控制的调整步长；根据获得的频差方向，再以该一定的调整步长调整硬件自动频率控制。

10 本发明的一种码分多址移动通信系统的小区初始搜索方法，提出了一种在移动通信系统中实现小区初始搜索的下行同步方法和基于联合检测技术的载波偏差纠正方法，通过实现这两个方法的若干操作步骤可以实现小区初始搜索。

下面结合实施例及附图进一步说明本发明的技术。

15 图 1 是小区初始搜索过程框图。

图 2 是采用功率特征窗值方法时所要求的帧结构示意图。

图 3 是实现功率特征窗值方法的流程框图。

图 4 是载波频差纠正方法中将初始较大频差纠正到较小范围的步骤流程框图。

20 图 5 是载波频差纠正方法中将频差纠正到基带解调所要求的范围内的步骤流程框图。

参见图 1，图 1 所示是以 TD-SCDMA 系统（时分一同步码分多址系统）为例，说明了在蜂窝移动通信系统中，小区初始搜索所包括的基本内容。其中，步骤 1 是使用本发明的功率特征窗值法寻找下行导频序列时隙 (DwPTS) 的大致位置范围，并且确定工作频点；步骤 2 中，在步骤 1 所

确定的位置范围内通过惯用的求相关的方法搜寻准确的接收位置，从而获得下行同步；步骤 3 是采用本发明的基于联合检测（J D）的载波偏差校正方法开始进行载波频差恢复；在步骤 4 中即可监听广播信道（BCCH）中的信息。

5 参见图 2，图中所示是实现本发明快速而准确的下行同步时，采用功率特征窗值方法所要求的帧结构。本发明在 TD-SCDMA 系统的帧结构中定义了两种训练序列：独立的下行导频序列时隙(DwPTS) 5 和数据突发 TD0……TDn，TU0……TUn 中的中间码(Midamble)，它们在小区初始搜索过程中均有不同的作用。图中所示的导频序列时隙(DwPTS) 5 占用一个独立的时隙，包括
10 N 个 GUARD（保护）符号，M 个 SYNC（同步）符号，和又 N 个 GUARD（保护）符号，中间码(Midamble)的前后是 P 个数据符号(Data Symbol)，共同占用一个独立时隙。SYNC（同步）符号是从一组正交码中挑选出的一个码，可以通过求相关的方法找到这个码，但必须要在整帧数据和对这一组正交码进行操作，运算量很大。

15 在本发明的下行同步方法中，让基站提高导频序列时隙(DwPTS) 5 中 SYNC（同步）符号的发射功率，但在 GUARD（保护）符号上没有发射功率，这样在终端设备接收时，就可以首先搜寻下行导频序列时隙（DwPTS）的功率特征窗值，并在发现了 SYNC（同步）符号的大致位置范围后，就只在该位置范围附近进行相关操作，这样就可大大缩短下行同步时间，并且减少误
20 判的概率。

参见图 3，图中示出采用本发明的功率特征窗值法搜索下行导频序列时隙（DwPTS）大致位置范围的过程。是以 TD-SCDMA 系统为例说明利用功率特征窗值法搜索下行导频序列时隙（DwPTS）的过程。在 TD-SCDMA 系统中，保护符号 N=2，同步符号 M=4，每一帧数据时长为 5ms。

25 步骤 6，终端设备首先锁定一工作频点，该频点应是移动通信系统可能的

频点，然后接收一帧完整的数据（如 $5 + \Delta \text{ ms}$ ）；步骤 7，计算每个符号（SYMBOL）的功率 P ，即先假定接收时刻为一个符号的起点，将所有属于这个符号的码片按功率相加，得到每一个符号的功率，虽然，实际的接收时刻不会正好是一个符号的起点，但是采用功率特征窗值方法的目的是要获得同步符号（SYNC）的大致位置范围，因此，并不会对最终结果产生较大影响。

下述公式（1）中， R_i 是每个位置上的功率特征窗值， i 代表实际的接收位置， $P(k)$ 代表每个符号的功率值， M 和 N 是特征窗形状的参数，

$$R_i = \left(\sum_{k=i}^{i+N-1} P(k) + \sum_{k=i+N+M}^{i+2N+M-1} P(k) \right) / \sum_{k=i+N}^{i+N+M-1} P(k) \quad \dots (1)$$

步骤 8，在每个符号的位置上计算特征窗值（比），在整帧接收数据上，按照符号级别滑动，在每个位置上对应 TD-SCDMA 的帧结构 $N=2$ ， $M=4$ ，并
10 按照公式 $((P_i + P_{i+1}) + (P_{i+6} + P_{i+7})) / (P_{i+2} + P_{i+3} + P_{i+4} + P_{i+5})$ 计算功率特征窗值。实际上，也可以不需要得到每一个符号的功率，而按照每个码片（CHIP）的功率，在码片级别上滑动，这样，可以获得更加准确的结果，但代价是运算量增大。

步骤 9，计算整帧数据的平均特征窗值比 R_{aver} ； $R_{aver} = \sum_{i=1}^Q R(i)$ ，式中 $R(i)$

是每个接收位置上的特征窗值， Q 代表整帧数据所包含的接收位置个数。

15 步骤 10，寻找整帧接收数据所有特征窗值中的最小值 R_{min} ， $R_{min} = \min(R(i))$ ，并且计算 R_{aver} / R_{min} ：平均特征窗值 / 最小特征窗值是否远远大于阈值，如果没有大于阈值说明没有找到下行序列时隙（DwPTS），如果超过了阈值，则认为此最小特征窗值的位置表明了下行序列时隙（DwPTS）的起始位置；然后就可从获得的下行序列时隙（DwPTS）的起始位置附近求相
20 关，获得精确接收起点，完成下行同步。

本发明中，实现载波偏差纠正的方法分两大步进行，分别由图 4、图 5 的流程示出。其中，由附图 4 介绍了载波频差纠正中第一大步的实现过程，首先采用软件估计频差，并引入判决反馈调整硬件机制，将频差从初始较大

的值恢复到一个较小的范围。例如，当使用的晶振精度为 3ppm，工作频段在 2G 左右，则可认为初始值在 6KHz 左右。由附图 5 介绍了载波频差纠正中第二大步的实现过程，主要包括采用基于联合检测技术的方法，在消除了多径以及多址干扰的情况下，将这个较小的频差范围（例如 1KHz 左右）纠正到基带解调的要求范围以内，可以得到更加精确的频差信息来指导硬件调整。

参见图 4，采用软件估计频差的方法，并且加入判决反馈对硬件进行自动频率控制（AFC），将频差从初始较大值纠正到一个比较小的范围内。

采用软件估计频差是纯软件补偿，如果只采用这一方法不涉及对硬件的调整，势必要求每次估值的准确性，此外，在无线信道的条件下该方法也不是一个无偏估计，所以完全依靠纯软件补偿的效果将不会很好。另一方面，在无线信道条件下，该方法得到的估值虽不很准确，但是，它所估计出的频差方向，尤其在取多帧平均的情况下，也仍然是可信的。这样，我们就可以利用它来指导对硬件 AFC 的调整，满足第一大步的要求。具体步骤如下：

在步骤 1 1 接收一帧数据开始之前，先设帧数 $n=0$ ；

步骤 1 2，利用公式（2）采用纯软件方法估计每帧数据的频差，具体公式如下：

$$Ae^{-jk\alpha} = \frac{1}{L} \sum_L [I(i) + jQ(i)]^* [I(i+K) + jQ(i+K)]^* \dots \quad (2)$$

式中 α 代表估计的频差，I 与 Q 是正交解调信号，L 是统计长度。

步骤 1 3，利用公式（3）计算载波频差调整值，即计算硬件调整值；

$$fa(n) = fe(n) * coef_k(n) \quad \dots \quad (3)$$

式中， $fe(n)$ 是对第 n 帧接收数据估计出的频差值即 α ，调整系数 $coef_k$ 的范围是 0~1 之间，选取原则是 k 较大时，则 $coef_k$ 较小。例如，可以按照先后顺序将一帧接收数据分成 k_1, k_2, \dots, k_n 段，则当 $k_1 < k_2 < \dots < k_n$ 时，

$\text{coef}_{k1} > \text{coef}_{k2} > \dots > \text{coef}_{kn}$

步骤 1 4，按照计算出的硬件调整值调整硬件自动频率控制（AFC），并让 $n=n+1$ ，判断 $n>Q$ ？，并在 n 不大于 Q （ Q 是预先设置的调整的帧数）时重复执行步骤 1 1 至步骤 1 4，直至 $n>Q$ 时则完成利用中间码(Midamble)达到更高频率精度的目的。

实际过程中，每一帧数据也可以不都反馈，而采用多帧反馈的方法。此处的反馈体现在软件与硬件的相互调整上，即首先用软件计算频差值，然后指导硬件调整，硬件调整后再进行软件估计频偏，不断地重复此过程直至达到预设的次数。

参见图 5，采用基于联合检测的方法将较小的频差纠正到基带解调可以容忍的范围以内。在 TD-SCDMA 系统中采用联合检测（JD）技术，在每帧中加入训练序列（中间码(Midamble)），可以用来估计实际的信道响应。这样，终端可以利用联合检测技术消除多径以及多址干扰，并且解调训练序列中间码(Midamble)附近的数据符号（Data Symbol），利用这些符号中包含的频差信息来指导硬件进行自动频率控制（AFC）调整。具体步骤如下：

步骤 1 5，接收 m 帧数据；

步骤 1 6，采用联合检测技术解调数据，即解调训练序列中间码(Midamble)附近的符号（Data Symbol），得到训练序列中间码(Midamble)前面和后面的各 P 个符号（Symbol），分别记作 $X(1) \dots X(P)$ 和 $Y(1) \dots Y(P)$ 。

步骤 1 7，利用公式（4）对 m 帧数据中训练序列中间码(Midamble)前面和后面的各 P 个符号（Symbol）分别计算出频偏的方向；

$$X_i(n) = X(n) / X_j(n)$$

$$Y_i(n) = Y(n) / Y_j(n) \dots\dots (4)$$

其中 $X_j(n) = Y_j(n) = \pm \pi/4, \pm 3\pi/4$,

再通过公式（5）获得载波频差方向：

$$Z = \sum_{n=1}^P Y_i(n) / X_i(n) \quad \dots\dots (5)$$

步骤 1 8，根据计算出的频差方向，设定硬件自动频率控制（A F C）的调整步长（STEP Hz）；

5 步骤 1 9，根据步骤 1 7 获得的频差方向，再以该一定的步长（STEP Hz）调整硬件 AFC。

可重复执行步骤 1 3 至 1 5。随着纠正后频差的不断减小，训练序列中间码(Midamble)附近的符号（Data Symbol）可以再多取一些，这样可以获得较多的频差信息，同时调整硬件 AFC 时的步长（STEP Hz）也可以逐渐减小。

10 虽然，本发明的下行同步方法和载波偏差校正方法是基于中国无线通信标准组(CWTS)所提出并已成为国际上 IMT-2000 无线传输技术(RTT)之一的 TD-SCDMA 系统而设计的，但是通过适当的修改完全可以用在其他的数字蜂窝移动通信系统中。

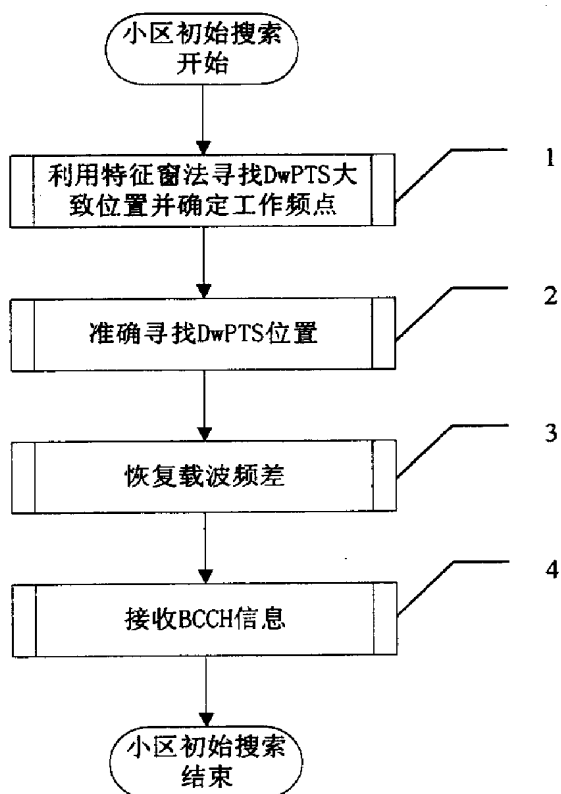


图 1

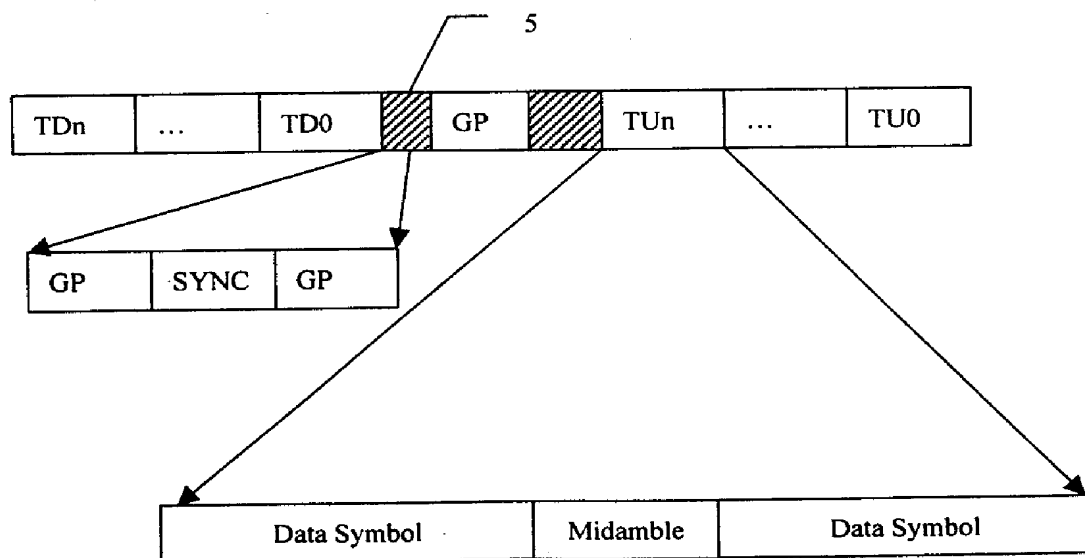


图 2

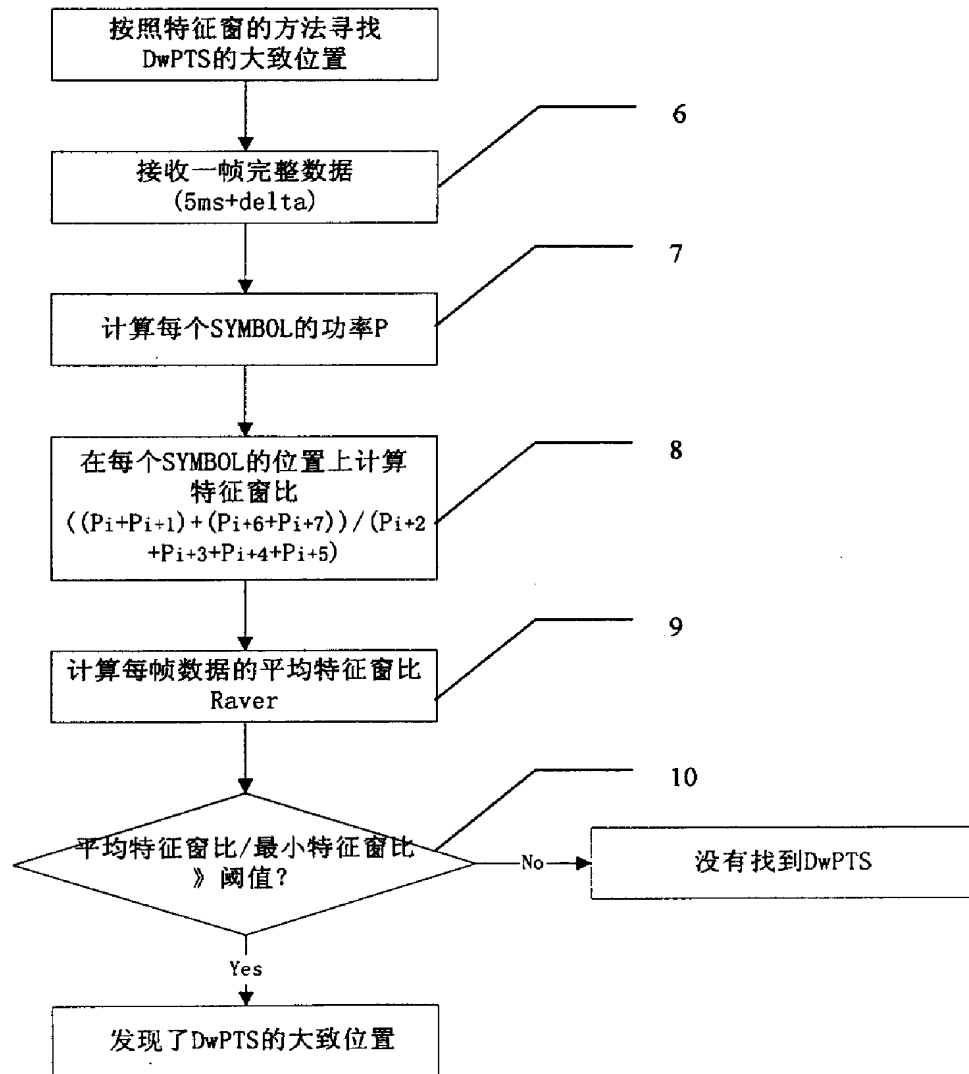


图 3

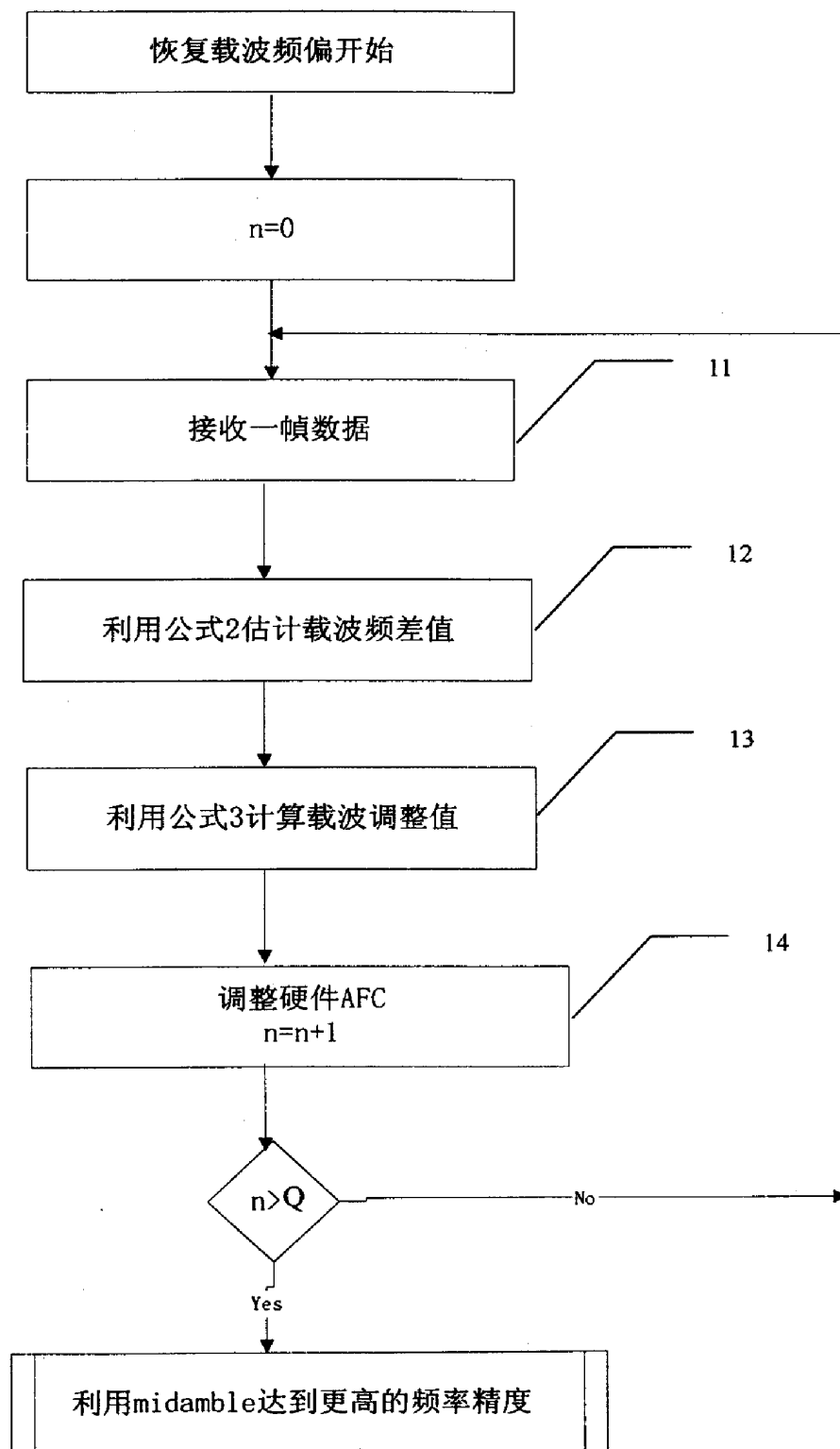


图 4

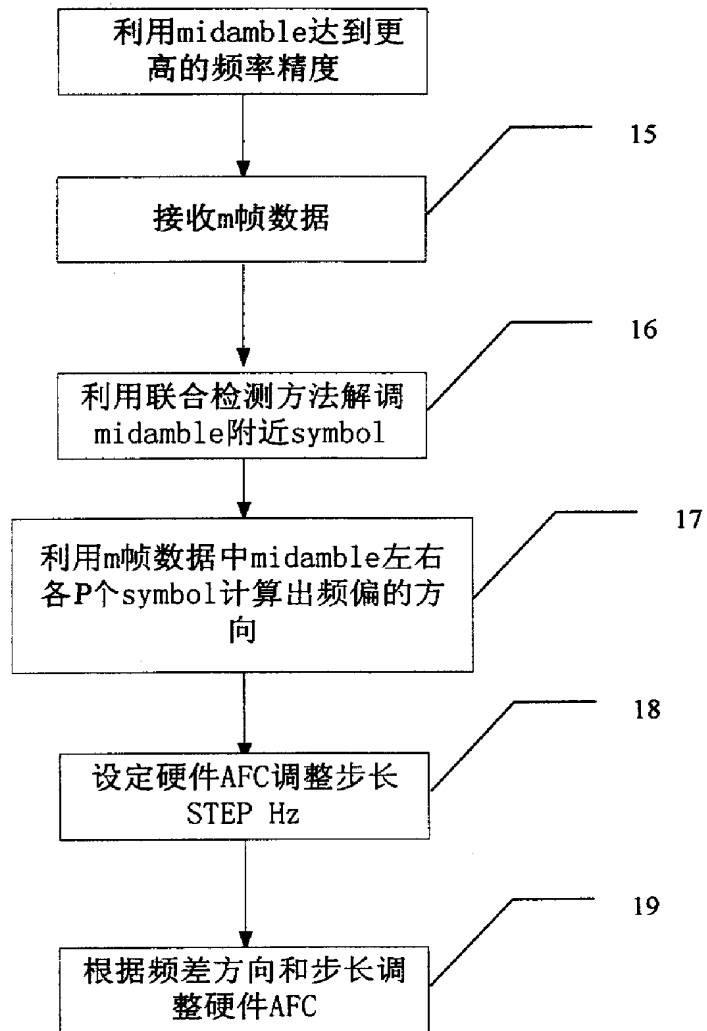


图 5